

研究発表『高温動作 SiC 素子実装のための金系はんだの融点制御技術』

—発表要約—

従来の Si 電力変換器と比べて小型・軽量の電力変換器を実現するために、SiC や GaN 等次世代パワー半導体の特長を引き出す高温動作 ($T_j > 200\text{ }^\circ\text{C}$) や高速スイッチングが可能な、新しいパワーモジュール技術の確立が重要課題となっている。本研究は SiC などの高耐熱半導体素子を高温で使うために必要な接合技術の開発である。

SiC 等の高耐熱半導体素子を実装する場合、例えばその最大定格温度が $T_j = 250\text{ }^\circ\text{C}$ とすると、固相線温度が $350\text{ }^\circ\text{C}$ と $400\text{ }^\circ\text{C}$ 程度のはんだが必要となる。市販レベルでは、前者は Au-Ge 共晶はんだ (固相線温度 $356\text{ }^\circ\text{C}$) が該当するが、固相線温度が $400\text{ }^\circ\text{C}$ を超えるはんだは無く、開発が必要であった。

筆者らは固相線温度が $400\text{ }^\circ\text{C}$ 程度のはんだとして、Au-Ge-Ag の 3 元系合金に可能性を見出した。 $356\text{ }^\circ\text{C}$ 以上で熔融させた Au-Ge に Ag を溶かすと、液相内の Ag 濃度の上昇とともに固相線温度も上昇することを利用し、固相線温度を $400\text{ }^\circ\text{C}$ など任意の温度に設計できる技術を考案した。

この Au-Ge-Ag の固相形成をすばやく完了させられるよう、筆者らは単位体積当たりの表面積が大となる多孔質 Ag 層を利用した。すなわちセラミック基板等に多孔質 Ag 層を形成し、その Ag 層に液相の Au-Ge はんだを毛細管現象により溶浸させ、接合層全体を Au-Ge-Ag 合金化させながら半導体素子を接合する工法を提案した。筆者らは本工法により Au-Ge はんだの固相線温度 $356\text{ }^\circ\text{C}$ を $50\text{ }^\circ\text{C}$ 以上超えた固相線温度 $450\text{ }^\circ\text{C}$ の Au-Ge-Ag 接合を実現出来た。更に一連のシェア試験により、本接合は $425\text{ }^\circ\text{C}$ でも接合強度があり、なおかつ $250\text{ }^\circ\text{C}$ でもシェア強度 20MPa を保持することも確認出来た。本技術により、 $T_j=250\text{ }^\circ\text{C}$ を最大定格温度とする高耐熱パワー半導体モジュールを実現できる。